

マスターズ女性長距離ランナーの 呼吸循環機能に及ぼす 年齢及び閉経の影響

鷺 見 勝 博・安 藤 好 郎
中 尾 隆 行・竹 内 敏 子
細 井 輝 男・小 林 義 雄
小 林 章 雄

abstract

This study sought to determine whether the ability to cardiorespiratory endurance is affected by age and menopausal status. Subjects were forty-two trained middle-aged women endurance runners (average training history= 11.9 ± 5.3 yr.) from ages of 33 to 68 yr. (average age= 51.0 ± 8.8 yr.) were tested on treadmill to examine physiological responses ($\dot{V}O_{2\max}$ and $\dot{V}O_2$ at ventilation threshold). Although 1) $\dot{V}O_{2\max}$ and $\dot{V}O_2$ at ventilation threshold was lower with age. The younger runners group (39 and 40–49 yr.) had significantly higher $\dot{V}O_{2\max}$ than other two age group (50–59 and 60– yr.).

2) Maximal heart rate did not differ across age group, but HR at ventilation threshold was lower in age over sixty group.

3) Menopausal status in middle-aged women distance runners were not significantly different on any exercise physiological variable when with age.

4) A decrease in $\dot{V}O_{2\max}$ of $0.45 \text{ ml} \cdot \text{min}^{-1} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{yr.}$ was determined.

These findings suggested that the ability alter cardiorespiratory endurance ($\dot{V}O_{2\max}$) in middle-age women runners is effect of age, but not of menopausal status.

1. 緒 言

近年、中高年齢者のランニング人口は益々増加の途にある。この傾向は各種競技会の多様化とともに、男性ランナーのみならず女性ランナーの参加がより顕著となってきたことによる。しかし、男性に比べ、女性ランナーの生理的特徴を報告したものは少ない。こうした状況下において女性長距離ランナーの生理的な特徴を把握することは個人のトレーニング処方や成人病予防を中心とした健康的な生活を送るための基礎資料を提供し得る。

1970 年代初期より呼吸循環機能を中心として、特に最大酸素摂取量 ($\dot{V}O_2\text{max}$) と生理的関連要因について多くの検討がなされてきた。これまでの報告によると、トレーニング習慣をもつ女性の $\dot{V}O_2\text{max}$ は、同一年齢の一般人と比較して高い水準にあることは明かにされている (Drinkwater et al., 1977, Profant et al., 1972)。しかし、中高年女性ランナーを対象として呼吸循環機能の年齢の影響について検討されたものでは (Vaccaro et al., 1981, Upton et al., 1984, Christine et al., 1992), 対象が少数のものとか年齢範囲に制限があるものなど散見されるにすぎない。したがって、トレーニング強度の高い対象者における $\dot{V}O_2\text{max}$ の加齢変化を検討することは、老化 (加齢) そのものの影響と個人の日常のトレーニング水準との関連を明確にするうえで意義を有すると考えられる。また、女性では、閉経を境として内分泌環境に変化があらわれる。したがって、対象者の生理的な特徴を論ずるうえでその影響を考慮しなければならないと考えられる。

本研究では、こうした観点にもとづき、定期的なランニング習慣を有し、かつ、競技会に参加している 35 歳から 68 歳までの女性を対象として、年齢及び閉経に伴う呼吸循環諸変量の変化について検討し、マスタース女性長距離ランナーの呼吸循環機能の特徴を明らかにすることを目的とした。

2. 方 法

1) 対象者

対象者は愛知県のマスタース協会、愛知県タートル協会に所属する女性長距離ランナーのうち、研究の主旨および測定内容に関して説明した書類を読み、十分な説明をし、本研究に協力することに同意した 42 名のボランティアである（平均年齢 51.0 ± 8.8 歳）。トレーニング経験年数は 11.9 ± 5.3 年、週当たりのトレーニング回数は 4.4 ± 1.3 回、1 回当たりのトレーニング時間は 55.6 ± 23.1 分であった。

2) 形態計測

身長、体重、皮下脂肪厚を測定した。皮下脂肪厚は、栄研式皮厚計を用い上腕背部、肩甲骨下部の 2 点を測定し、Nagamine et al. (1964) の方法により体密度を求め、Brozek et al. (1963) の式から徐脂肪体重 (Fat Free Mass: FFM)、体脂肪率 (%Body Fat: %BF) を推定した。

3) 運動負荷試験

運動負荷試験 ($\dot{V}O_2\max$) の測定前には医師による問診、安静時心電図検査、血圧測定などを行ない運動負荷試験実施可能であることを確認した。

測定は心肺機能測定装置 ox- α (mijnhardt 社製) を用いて breath by breath によるトレッドミル (Quinton 社製, Q65) 走時の呼気ガスを測定した。プロトコールは Balke の変法を用い、テスト終了時まで速度 $5.3 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$ で一定とし、角度 $2\% \cdot \text{min}^{-1}$ で漸増し、疲労困憊に至るまでおこなった。 $\dot{V}O_2\max$ の判定は 1) $\dot{V}O_2$ のレベリングオフ、2) 運動負荷終了時点での心拍数がそれぞれの年齢による最高心拍数 ($220 - \text{年齢}$) に達し、さらに 3) 呼吸交換比が 1.0 以上になっていることを基準とした。

運動負荷中の循環器系の生理的反応は、胸部 12 誘導による心電図監視 (フクダ電子製, Aero Cardiner ML1200)、1 分毎の血圧測定 (C & K. CM-4001) を医師の監視のもとにおこなった。

4) 呼気ガスによる換気性代謝閾値 (Ventilation threshold: VT) の決定

VT の決定に際しては、運動負荷試験で得られた各喚起パラメータより

Beaver et al. (1986) の V-slope 法, 及び, Caiozzo et al. (1983) の $\dot{V}_E / \dot{V}_{CO_2}$ が不変で $\dot{V}_E / \dot{V}_{O_2}$ が急に上昇する変移点より決定した。

5) 対象者の健康状態

問診(既往歴, 自覚症状, 月経の状況, 運動習慣), 血圧, 心電図血液検査にて確認した。全員非喫煙者で器質的疾患を有しなかった。

6) 統計処理

対象者の年齢区分は 39 歳以下, 40-49 歳, 50-59 歳, 60 歳以上の 4 群とした。閉経期の分類は, Notelovitz et al. (1988) が示した閉経前群 (Pre): 定期的に月経のあるもの, 遷移群 (Tran): 月経が不順で更年期症状をとともなうもの, 閉経群 (Post): 過去 1 年以上無月経のもの 3 群とした。

各指標の年齢間及び閉経前後の関連については分散分析を用い, さらに, 年齢と閉経の影響を検証するため Fisher's の多重比較検定法をもちいた。年齢と $\dot{V}_{O_2\max}$ については単相関, 及び直線回帰分析によった。統計的な有意水準は 5% 水準とした。なお, 子宮, 卵巣等の手術により閉経したものは対象から除外した。

3. 結 果

表 1 に年齢群毎の形態および生理的特徴を示した。形態では各年齢群間で有意に高い傾向を示したのは 30 歳群の身長のみであった。また, トレーニング経験年数は 30・40 歳群に対して 50 歳群以降で顕著に長い傾向を示した。

生理的諸指標では, 各年齢群と VT に相当する \dot{V}_{O_2} (\dot{V}_{O_2} at VT), VT に相当する心拍数 (HR at VT), $\dot{V}_{O_2\max}$, 最大換気量 ($\dot{V}_E\max$) で有意の関係を示した。 $\dot{V}_{O_2\max}$ では, 1 分当りの実測値, 体重および徐脂肪体重当りの換算値のいずれにおいても 30・40 歳群に対して高年齢群 (50, 60 歳代群) の方が有意に高い傾向を示した。ちなみに, 60 歳群の体重当りの $\dot{V}_{O_2\max}$ は 30 歳群の 75.9% であった。各年齢群間の最大心拍数 (HRmax) には差がみられなかった。

表 2 に月経状況別の形態および生理的特徴を示した。Post の月経閉止

Table 1. Physical characteristics and physiological responses values for distance women runners

Variable	ALL N=42	Group 1 -39yr. N=6	Group 2 40-49yr. N=11	Group 3 50-59yr. N=17	Group 4 60-yr N=8	simple ANOVA
Age (yr.)	51.0±8.8	38.0±2.4	45.6±2.9	53.1±2.2	64.1±3.8	G1<2,3,4** ; G2<3, 4** ; G3<4**
Mass (kg)	50.2±4.3	50.5±4.3	51.5±4.6	49.9±4.1	48.8±4.9	NS
Height (cm)	155.4±4.6	160.7±4.0	155.5±4.4	154.8±3.3	152.5±4.9	G1>2,3,4**
FFM (kg)	37.6±3.3	0.0±2.7	38.7±2.8	36.4±2.8	36.8±4.1	NS
%BF	25.0±5.8	20.7±4.8	24.5±5.8	27.0±6.4	24.6±3.5	NS
Training (yr.)	11.9±5.3	8.5±4.7	8.8±3.8	14.1±5.6	13.8±3.7	G1<3,4* ; G2<3,4**
Training • day ⁻¹ (min.)	55.6±23.1	63.3±16.3	47.7±13.3	56.6±24.3	58.8±34.5	NS
Training freq. • wk ⁻¹ (time)	4.4±1.3	4.0±1.8	4.4±1.2	4.8±1.1	4.3±1.6	NS
$\dot{V}O_2$ at VT (ml • min ⁻¹ • kg ⁻¹)	29.8±6.7	35.0±6.9	31.2±5.5	30.3±6.2	23.0±3.8	G1>4** ; G2>4** ; G3>4**
HR at VT (beat • min ⁻¹)	132.9±10.8	141.2±10.1	135.0±13.6	133.4±7.5	122.6±4.4	G1>4** ; G2>4** ; G3>4*
% $\dot{V}O_2$ at VT	65.2±5.2	66.1±6.4	65.8±6.1	66.4±4.5	61.2±2.7	NS
$\dot{V}O_{2max}$ (l • min ⁻¹)	2.31±0.33	.64±0.21	2.41±0.17	2.31±0.32	1.93±0.21	G1>3*,4** ; G2>4** ; G3>4**
$\dot{V}O_{2max}$ (ml • min ⁻¹ • kg ⁻¹)	46.4±6.6	52.3±5.9	47.9±5.2	46.5±6.3	39.7±3.5	G1>3*,4** ; G2>4** ; G3>4**
$\dot{V}O_{2max}$ (ml • min ⁻¹ • kgFFM ⁻¹)	61.2±9.1	67.3±5.7	62.7±5.5	63.4±7.9	52.9±6.3	G1>4** ; G2>4** ; G3>4**
HRmax (beat • min ⁻¹)	175.9±9.6	180.7±12.4	178.5±8.6	174.3±7.8	172.3±11.1	NS
$\dot{V}EmaxBTPS$ (l • min ⁻¹)	83.8±14.8	100.3±9.6	91.2±9.4	82.8±9.2	63.1±8.5	G1>3,4** ; G2>3*,4** ; G 3>4**

Group 1=G 1; Group 2=G 2; Group 3=G 3; Group 4=G 4 : Values are means±SD. *P<0.05 ; **P<0.01

Table 2. Physical characteristics and physiological responses values for distance women runners in reference to menopausal status

Variable	Pre N=16	Trans N=8	Post N=18	simple ANOVA	age+menopause
Age (yr.)	44.0±8.1	50.3±2.8	57.2±6.2	Pre<Post**; Pre<Trans.*	-
Mass (kg)	50.4±4.7	50.8±3.3	49.8±4.5	NS	-
Height (cm)	156.7±5.4	155.6±4.7	154.2±3.6	NS	-
FFM (kg)	38.6±3.4	37.4±3.3	36.9±3.1	NS	-
%BF	23.2±6.2	26.3±5.8	25.8±5.4	NS	-
Training (yr.)	9.1±4.2	12.5±6.3	13.7±4.8	Pre<Post**	-
Training • day ⁻¹ (min.)	54.0±16.1	58.8±31.4	55.6±25.2	NS	-
Training freq. • wk ⁻¹ (time)	4.3±1.4	4.4±1.4	4.6±1.3	NS	-
$\dot{V}O_2$ at VT (ml • min ⁻¹ • kg ⁻¹)	32.4±7.0	29.1±4.4	28.0±6.8	NS	-
HR at VT (beat • min ⁻¹)	138.9±9.8	130.1±10.7	129.0±9.9	Pre>Post**	NS
% $\dot{V}O_2$ at VT	66.4±5.3	63.5±5.2	64.9±5.2	NS	-
$\dot{V}O_{2\max}$ (l • min ⁻¹)	2.43±0.37	2.29±0.23	2.22±0.32	NS	-
$\dot{V}O_{2\max}$ (ml • min ⁻¹ • kg ⁻¹)	48.7±7.6	45.9±5.7	44.7±5.7	NS	-
$\dot{V}O_{2\max}$ (ml • min ⁻¹ • kgFFM ⁻¹)	63.4±8.1	61.7±7.1	60.1±8.4	NS	-
HRmax (beat • min ⁻¹)	178.1±12.2	177.6±6.0	173.4±8.2	NS	-
$\dot{V}EmaxBTPS$ (l • min ⁻¹)	92.9±15.6	82.9±9.1	76.9±12.6	Pre>Post**	NS

Pre = premenopausal subjects ; Trans. = transitional subjects ; Post = postmenopausal subjects ; Values are means ± SD. *P<0.05; **P<0.01

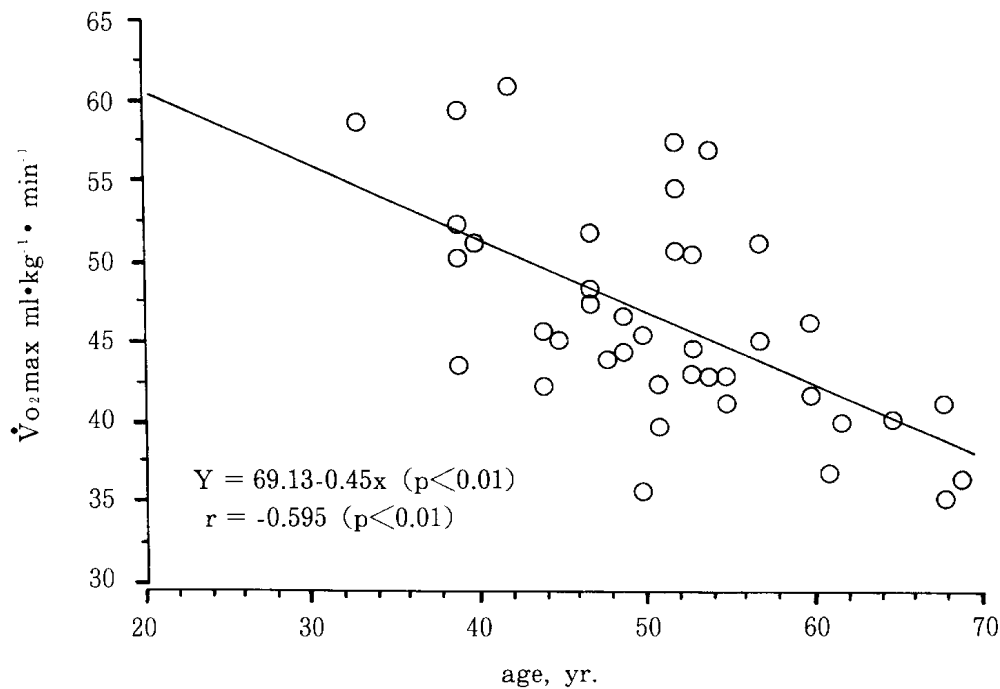


Fig.1 Scatterplot for simple regression of $\dot{V}O_2\text{max}$ in $\text{ml}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$ and age.

年齢は平均値で 48.4 ± 6.4 歳であった。Tran と Post の年齢は Pre よりも有意に高い傾向を示した。また、トレーニング経験年数では、 $\text{Pre} > \text{Post}$ の関係にあった。生理的諸指標のうち分散分析による有意な F 値を示したのは、HR at VT, $\dot{V}_E\text{max}$ であり、Post に対して Pre に高い傾向を示した。さらに、これらの項目に対して年齢と閉経を共変量として多重比較検定をおこなったところ項目間に有意差は示されなかった。

図 1 に年齢と体重当りの $\dot{V}O_2\text{max}$ との関係を示した。体重当りの $\dot{V}O_2\text{max}$ と年齢との回帰式は、切片が 69.13 ($P < 0.01$), 回帰係数が -0.45 , $r = -0.595$ ($p < 0.01$) であった。ちなみに加齢に伴う体重当りの $\dot{V}O_2\text{max}$ は、年間 $0.45 \text{ ml}^{-1} \cdot \text{min}^{-1} \cdot \text{kg}^{-1}$ の減少であることが予測された。

4. 考 察

Cross-sectional なデータから加齢の影響を検討する場合、対象者の形

態やトレーニング状況が各年齢群で類似する必要がある。本研究の対象者の $\dot{V}O_2\text{max}$ は、これまで諸家 (Vaccaro et al., 1981, Upton et al., 1984, Profant et al., 1972) によって示されたトレーニング習慣をもつランナーよりも高い水準にあった。また、本研究の対象者とほぼ同一の 35-70 歳のマスターズ女性ランナー (平均年齢 46.4 ± 8.3 歳) に対して $\dot{V}O_2\text{max}$ の検討をおこなった Christine et al. (1992) の報告と比べても、ほぼ同一レベルにあった。今回の対象者の平均年齢は 51.0 ± 8.8 歳で Christine et al. (1992) のそれよりも 5 歳高かったこと以外は、体重、皮下脂肪厚から算出した %BF, トレーニング関連指標も各年齢群で顕著な差を認めなかった。このことから、本研究の対象者は、中高年女性長距離ランナーの呼吸循環機能に及ぼす加齢変化を検討するうえで適切であると思われる。

$\dot{V}O_2\text{max}$ に及ぼす年齢の影響について今回の結果では若年群 (30, 40 歳群) の $\dot{V}O_2\text{max}$ は高年齢群 (50, 60 歳群) よりも有意に高い値を示した。この傾向は $\dot{V}_E\text{max}$ においても同様であった。Drinkwater et al. (1975) は 10-68 歳を対象として $\dot{V}O_2\text{max}$ と $\dot{V}_E\text{max}$ の年齢間の相違を検討し、20 歳から 50 歳までは差がないことを報告している。また、Christine et al. (1992) も同様の結果を示している。この点については、今回の結果と一致し、50 歳以降の $\dot{V}O_2\text{max}$ および $\dot{V}_E\text{max}$ の減少が顕著であることを示唆するものである。

HRmax について、これまでの報告によると加齢とともに HRmax は減少するとされているが、今回の結果からは年齢群相互の HRmax には差が認められなかった。Whaley et al. (1992) は、同年齢の健常者のなかにも推定による HRmax ($220 - \text{年齢}$) を $20 \text{ beat} \cdot \text{min}^{-1}$ 以上上回るものがあることを示している。Profant et al. (1972) や Plowman et al. (1979) も加齢にともなう HRmax が一定の減少を示さないとしている。また、Christine et al. (1992) や Drinkwater et al. (1975) も、30 歳以降の HRmax には年齢間で差がないことを示している。今回の結果もこれらの報告と一致するところである。

Hagberg et al. (1985) は、一流ランナーの最大心拍出量/回 (maximal stroke volume; SVmax) は 20 歳代よりも 50 歳代の方が小さかったことを報告している。逆に、Rodeheffer et al. (1984) は SVmax が加齢に

よって低下しないことを報告している。Profant et al. (1972) は 30-50 歳代の各年齢群で HRmax に差がないのに対して最大酸素脈が高くなったことから SV の増加が HRmax に影響する要因であるとしている。本研究では stroke volume については調べておらず明らかではないが、各年齢群の HRmax に差がなかったことは、最大運動下での筋活動向上にともなう心血管系作用として既述のごとく SVmax が増加したものと推察される。

閉経との関連について、これまでの報告では $\dot{V}O_2\text{max}$ には閉経が影響しないことが報告されている。今回の結果からもこれらの報告のように $\dot{V}O_2\text{max}$ には差が示されなかった。

Cowan and Gregory (1985) は閉経前後の一般者を対象として呼吸循環機能を中心としたトレーニングによる縦断的な観察の結果、閉経前群と閉経後群の $\dot{V}O_2\text{max}$ に差がなかったことを報告している。Notelovitz et al., (1986) も横断的なデータから同様の点を示している。今回の結果もこれらの報告と一致するところである。このことから、マスタースランナーの $\dot{V}O_2\text{max}$ は閉経によって影響されないことが示唆される。すなわち、それは閉経よりもむしろ加齢に伴う身体活動状況の違いがそれに影響を及ぼしているのではないかと思われる。しかしながら、Christine et al. (1992) は、対象者のなかにエストロゲン療法者を含む場合、閉経前に対して閉経後の $\dot{V}O_2\text{max}$ ($\text{ml}^{-1} \cdot \text{min}^{-1} \cdot \text{kg}^{-1}$, $\text{ml}^{-1} \cdot \text{min}^{-1} \cdot \text{kgFFM}^{-1}$) が有意に低くなるとしながらも、それを統計的に補正した結果、 $\dot{V}O_2\text{max}$ には差がみられなかったとしている。今回の対象者のなかにはこうした療法者は含まれておらず、諸家の報告を支持するものである。これらのことから閉経年齢周辺の $\dot{V}O_2\text{max}$ にはエストロゲン等による内分泌環境の変化の影響することが推察される。したがって、閉経周辺の対象者の生理的諸機能を検討する場合、これらの点への留意が必要と思われる。この点については今回の結果からは明らかでなくさらに検討を要する。

加齢による $\dot{V}O_2\text{max}$ の減少率について、これまで諸家によって多くの報告が示されている。また、それらによると $\dot{V}O_2\text{max}$ は、年間 $0.25-0.47 \text{ ml} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$ 減少することが報告されている (Table 3)。今回の分析結果では、加齢にともなう $\dot{V}O_2\text{max}$ の傾きは $-0.45 \text{ ml} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot$

Table 3. Reported for rate of decline in $\dot{V}O_2\text{max}$ ($\text{ml} \cdot \text{min}^{-1} \cdot \text{kg}^{-1}$) with age in womens

reference	fitness level	age range	type of study	rate
Astrand et al.1973	active	22-43	longitudinal	-0.438
Drinkwater et al.1975	moderate active	10-68	cross-sectional	-0.338
Kavanagh et al.1990	masters competetors	35-65	cross-sectional	-0.41
Plowman et al.1979	active and sedentary	25-73	longitudinal	-0.323
Plowman et al.1979	active	20-68	cross-sectional	-0.297
	active 6yr. later	25-73	longitudinal	-0.376
	sedentary	20-68	cross-sectional	-0.321
	sedentary 6yr. later	25-73	longitudinal	-0.370
Buskirk et al.1987	active		cross-sectional	-0.45
christine et al.1992	masters runner	35-70	cross-sectional	-0.47
present study	masters runner	35-68	cross-sectional	-0.45

$\text{min}^{-1} \cdot \text{yr}^{-1}$ であった。これは同年齢の一般女性やそれほど運動習慣を有さない女性を対象として縦断的及び横断的に観察されたものよりも高い値を示している (Buskirk et al., 1987, Plowman et al., 1979)。Astrand et al. (1973) は高い運動能力をもつ女性では加齢による $\dot{V}O_2\text{max}$ の減少が $-0.44 \text{ ml} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1} \cdot \text{yr}^{-1}$ であったとし, Buskirk et al. (1987) も $-0.45 \text{ ml} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1} \cdot \text{yr}^{-1}$ としている。また, Christine et al. (1992) はマスターズランナーの $\dot{V}O_2\text{max}$ の低下が $-0.47 \text{ ml} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1} \cdot \text{yr}^{-1}$ としている。本研究の結果も $-0.45 \text{ ml} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1} \cdot \text{yr}^{-1}$ でありこれらとほぼ一致していた。このことから今回の対象者の全身持久性能力はこれらの active を対象とした報告と同様に相当高い水準にあることが示される。すなわち, 邦人女性においても諸家の報告と同様に $\dot{V}O_2\text{max}$ の減少は活動性の高い運動習慣を有しているものの方が運動習慣を有さない群よりも高率であると推察される。こうした傾向について, Plowman et al. (1979) は, 加齢にともなう筋量の低下が $\dot{V}O_2\text{max}$ の減少に影響を及ぼすとしている。また, Christine et al. (1992) は身体活動量の低下がそれに影響するとしている。このように加齢にともなう $\dot{V}O_2\text{max}$ の減少要因は研究者によって知見が異なる。今回の結果では各年齢群の FFM やトレーニング習慣には差がみられなかった。このことか

ら，加齢にともなう $\dot{V}O_2\text{max}$ への減少要因は，筋量の減少や身体活動量の低下というよりはむしろ身体活動水準の質的低下（トレーニング負荷）によるトレーニング効果の減少が影響しているものと考えられる。

5. ま と め

定期的なランニング習慣を有し，かつ，競技会に参加している35歳から68歳までの女性を対象として，年齢及び閉経に伴う呼吸循環諸変量の変化についてその特徴を検討した。次の点が明かとなった。

- 1) 最大酸素摂取量と喚気性代謝閾値相当の酸素摂取量は，年齢とともに減少した。とくに，若年群（39歳以下群，40–49歳群）のそれは50–59歳代と60歳以上の両群よりも有意に高い値を示した。
- 2) 最大心拍数は年齢による相違は認められなかったが，60歳代の喚気性代謝閾値相当の心拍数では他の年齢群よりも低い値を示した。
- 3) 呼吸循環諸変量への閉経の影響は認められなかった。
- 4) 中高年女性ランナーの最大酸素摂取量の加齢による減少は年間 $0.45 \text{ ml} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$ であった。

以上のことから，中高年女性ランナーの全身持久性能力には閉経よりも年齢に影響されることが示された。

（本研究の一部は，1993年度中京大学特定研究助成金によって行われた。）

文献

- Astrand P. O., Hallback I. and Kilbom A. Reduction in maximal oxygen uptake with age. *J. Appl. Physiol.* 35: 649–654, 1973.
- Bever W. L., Wasserman K. and B. J. Whipp. A new method for detecting anaerobic threshold by gas exchange. *J. Appl. Physiol.* 60: 2020–2027, 1986.
- Brozek J., F. Grande, T. Anderson and A. Keys. Densitometric analysis of body composition: Revision of some quantitative assumptions. *Ann. N. Y. Acad. Sci.* 110: 113–140, 1963.
- Buskirk E. R. and J. L. Hodgson. Age and aerobic power: the rate of change in men and women. *Fed. Proc.* 46: 1824–1829, 1987.

- Caiozzo V. J., J. A. Davis, J. F. Ellis, J. L. Azus, R. Vandagriff, C. A. Prietto and W. C. McMaster. A comparison of gas exchange indices used to detect the anaerobic threshold. *J. Appl. Physiol.* 53: 1184–1189, 1982.
- Christine L. W., M. A. Boorman and D. M. Riggs. Effect of age and menopausal status on cardiorespiratory fitness in masters women runners. *Med. Sci. Sports Exerc.* 24 (10), 1147–1154, 1992.
- Cowan M. M. and L. w. Gregory. Responses of pre-and post-menopausal females to aerobic condition. *Med. Sci. Sports Exerc.* 138–143, 1985.
- Drinkwater B. L., S. M. Horvath and C. L. Wells. Aerobic power of females, age 10 to 68. *J. Gerontol.* 30: 385–394, 1975.
- Hagberg J. M., W. K. Allen and D. R. Seals. A hemodynamic comparison of young and older endurance athletes during exercise. *J. Appl. Physiol.* 58: 2041–2046, 1985.
- Kavanagh T, Shephard R. J. Can regular sports participation Slow the aging process? data on masters athletes. *The Physician and Sport-smed.* 18 (6): 94–104, 1990.
- Nagamine s. and Suzuki S. Anthropometry and body composition of Japanese young men and women. *Hum. Biol.* 36: 8–15, 1964.
- Notelovitz M. The menopause in: women and exercise: physiology and sports medicine, M. M. Shangold and G. Mirkin (Eds.). Philadelphia: F. A. Davus Co., 1988, pp. 156–177.
- Notelovitz M., C. Fields, K. Caramelli, M. Dougherty and A. Schwartz. Cardiorespiratory fitness evaluation in climacteric women: comparison of two method. *Am. J. Obstet. Gynecol.* 154: 1009–1013, 1986.
- Plowman S. A., B. L. Drinkwater and S. M. Horvath. Age and aerobic power in women: A longitudinal study. *J. Gerontol.* 34: 512–520, 1979.
- Profant G. R., R. G. Early, K. L. Nilson, F. Kusumi, V. Hofer and R. A. Bruce. Responses to maximal exercise in healthy middle-aged women. *J. Appl. Physiol.* 33: 595–599, 1972.
- Rodeheffer R. J., Exercise cardiac output is maintained with advancing age in health subjects: cardiac dilatation and increased stroke volume compensate for a diminished heart rate. *Circulation* 69: 203–213, 1984.
- Upton S. J., R. D. Hagan, J. Rosentswieg and L. R. Gettman. Comparison of the physiological profiles of middle-aged women distance runners and sedentary women. *Res. Q. Exerc. sport* 54: 83–87, 1983.
- Upton S. J., R. D. Hagan, B. Lease, J. Rosentswieg, L. R. Gettman and J. J. Duncan. Comparative physiological profiles among young and mid-

dle-aged female distance runners. *Med. Sci. Sports Exerc.* 16: 67-71, 1984.

Vaccaro P., A. F. Morris and D. H. Clarke. Physiological characteristics of female distance runners. *Physician Sportsmed.* 9: 108-108, 1981.

Wessel J. A., D. A. Small, W. D. Van Huss, D. J. Anderson and D. C. Cederquist Age and physiological responses to exercise in women 20-69 years of age. *J. Gerontol.* 23: 269-278, 1968.

Whaley M. H., L. A. Kaminsky, G. B. Dwyer, L. H. Getchell and J. A. Norton. Predictors of over-and underachievement of age-predicted maximal heart rate. *Med. Sci. Sports Exerc.* 24: 1173-1179, 1992.